



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**STATICKÉ ŘEŠENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE BYTOVÉHO
DOMU**

STATIC SOLUTION OF THE CEILING STRUCTURE OF APARTMENT BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kamil Habanec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Kamil Habanec
Název	Statické řešení stropní konstrukce bytového domu
Vedoucí práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební podklady
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN
3. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986
4. D. Majdúch: Zásady vystužování betónových konstrukcí. ALFA 1984.
5. Vhodné výpočetní programy (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.)
6. Zich M., Bažant Z., Montované betonové konstrukce, CERM 2018.
7. Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce, nádrže a zásobníky, CERM 2010

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadané dispoziční uspořádání vypracovat stavební a konstrukční návrh stropní konstrukce bytového domu. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže). Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá statickým řešením stropní konstrukce integrovaného bytového domu. Cílem je návrh, případně změna velikostí rozměrů projektovaných konstrukcí v předloženém projektu, zajištění přerušení tepelných mostů a ochrany proti kročejovému zvuku. Následně jejich statické řešení, dimenzování a posouzení na mezní stavy. Prvky určené k řešení jsou stropní konstrukce nad druhým nadzemním podlažím, trámy, navazující schodiště a sloup. Výpočet vnitřních sil byl proveden ve studentské verzi programu SCIA Engineer 20.0 s porovnáním hodnot na nezávislém zjednodušeném modelu. Součástí práce je i výkresová dokumentace pro výše zmíněné prvky. Při výpočtu bylo postupováno dle platných norem a zásad.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bytový dům, železobetonová monolitická konstrukce, železobeton, schodiště, stropní konstrukce, trámy, šířka trhlin, průhyb, únosnost, výztuž, vnitřní síly, výkresová dokumentace, zatížení, kotevní délka, dimenzování, sloup.

ABSTRACT

The Bachelor thesis deals with the static solution of the ceiling construction of an integrated apartment building. The aim is to design, or change the sizes of the projected structures in the submitted project, to ensure the interruption of thermal bridges and protection against foot noise. Subsequently, their static solution, dimensioning and assessment to marginal states. The elements intended for the solution are ceiling structures above the second upper floor, beams, a connecting staircase and a column. The calculation of internal forces was performed in the student version of SCIA Engineer 20.0 with a comparison of values on an independent simplified model. The work also includes drawing documentation for the aforementioned elements. The calculation was carried out according to the applicable standards and principles.

KEY WORDS

Apartment building, cast-in-place reinforced concrete, reinforced concrete, staircase, floor structure, beams, width rifts, bend, load capacity, reinforcement, internal forces, drawings, load, anchorage length, dimensioning, column.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Kamil Habanec *Statické řešení stropní konstrukce bytového domu*. Brno, 23s., 93s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Statické řešení stropní konstrukce bytového domu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28.5.2021

Kamil Habanec
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SCHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVEREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Statické řešení stropní konstrukce bytového domu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28.5.2021

Kamil Habanec
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu doc. Ing. Miloši Zichovi, Ph.D. za odborné vedení, časovou flexibilitu, ochotný lidský přístup a cenné rady poskytnuté při zpracování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	POPIS OBJEKTU	10
2.1	ZÁKLADY	10
2.2	SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE	10
2.3	VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE	11
2.4	KONSTRUKCE SCHODIŠTĚ	11
3	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	12
4	ZATÍŽENÍ	12
4.1	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	12
4.2	UŽITNÉ ZATÍŽENÍ	13
4.3	ZATEŽOVACÍ STAVY	13
5	TVORBA MODELU A VNITŘNÍ SÍLY	13
6	DIMENZOVÁNÍ	16
6.1	DESKA	16
6.2	TRÁMY	17
6.3	BALKON	17
6.4	SCHODIŠTĚ	17
6.5	SLOUP S1	17
7	VÝPOČET SÍŘKY TRHLIN	17
8	PRŮHYB	17
9	ZÁVĚR	18
10	POUŽITÉ ZDROJE	19
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A JEJICH VÝZNAM	20
12	PŘÍLOHY	23

1 ÚVOD

Obsahem mé bakalářské práce je statické řešení stropní konstrukce, a dále vybraných prvků integrovaného bytového domu. Konkrétně jde o stropní desku nad druhým nadzemním podlažím, trámy podpírající desku, navazující schodiště a sloup.

Byl proveden předběžný návrh se snahou odlehčení konstrukce, přerušení tepelných mostů u napojení konzol a zajištění ochrany proti kročejovému hluku monolitického schodiště. Ke stanovení vnitřních sil na vybraných prvcích byl vytvořen statický model ve výpočtovém programu SCIA Enginner 20.0. Na získané hodnoty vnitřních sil bylo provedeno dimenzování výztuže. Konstrukce jsou posuzovány na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Výstupem je výkresová dokumentace.

2 POPIS OBJEKTU

Jedná se o integrovaný bytový dům s převažující užitnou plochou k bydlení. Objekt má tři nadzemní podlaží. V přízemí se budou vyskytovat komerční prostory a garážová stání. V dalších patrech budou bytové jednotky. Objekt má přibližně půdorysný čtvercový tvar a je zastřešen mansardovou střechou.

2.1 ZÁKLADY

S ohledem na geologické prostředí je založení objektu navrženo na vrtaných pilotech ϕ 600 a 1000 mm. Půjde o piloty vetknuté do pískových a štěrkových vrstev podloží.

Na pilotech je navržen rošt ze železobetonových pasů šířky 650, 750 a 950 mm. Výška pasů je 650 mm (bez tloušťky desky). Na pasy navazuje železobetonová deska tl. 150 mm realizovaná jako plošný deskový prvek.

Beton C20/25, výztuž B500B.

2.2 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny ve všech podlažích svislými stěnami vyzdívanými z plných bloků o síle 375 a 450 mm. Vnitřní nosné stěny jsou z bloků tl. 250 mm. Svislé nosné zdivo je v prvním nadzemním podlaží doplněno o 16 železobetonových sloupů – 8 ks kruhového tvaru ϕ 300 mm a 8 ks obdélníkového tvaru 450x300 mm. Obdélníkové sloupy jsou v prostorách garáží. Druhé nadzemní podlaží je doplněno o 5 železobetonových kruhových sloupů ϕ 300 mm. Navržené vyzdívané stěny nosného systému jsou navrženy z cihelných bloků třídy P15 a systémové malty M5.

Beton C25/30, výztuž B500B.

2.3 VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Stropní konstrukce v objektu jsou navrženy jako plošné deskové spojitě. Balkonové desky jsou vyloženy přes tepelně izolační nosníky. Stropní konstrukce jsou uloženy na systému příčných a podélných vnitřních a obvodových stěn. Konstrukce nadpraží otvorů v obvodových stěnách jsou monolitické železobetonové a navazují na stropní desky. Nadpraží u vnitřních nosných stěn jsou tvořeny skládanými montovanými překlady ze systému použitého zdícího systému.

Staticky posuzovaná vodorovná nosná konstrukce nad druhým nadzemním podlažím je tvořena monolitickou železobetonovou deskou o síle 180 mm (zmenšena síla desky o 20 mm oproti projektu). V místě chodby tloušťka desky snížena na 120 mm. Stropní deska je uložena na nosné svislé zdivo a trámy doplněné o podepření sloupy. Překlady nad okny obvodových stěn jsou tvořeny železobetonovým věncem navazujícím na stropní desku. Trámy jsou navrženy v místě sloupů a mají rozměr 250 x 450 mm. Jejich spodní líc vyčnívá o 270 mm pod úroveň desky. U obvodových věnců je v místě oken provedeno zateplení o tl. 100 mm na celou šířku věnce. Balkonové desky jsou na stropní desku napojeny pomocí tepelně izolačního nosníku Isokorb XT.

Beton C25/30, výztuž B500B.

2.4 KONSTRUKCE SCHODIŠTĚ

Posuzované schodiště ve druhém nadzemním podlaží je navrženo jako monolitické železobetonové v systému zalomené schodišťové desky tl. 160 mm uložené na vlastní stropní konstrukci třetího podlaží a středně nosnou stěnu do vytvořené kapsy. Ramena schodišťové desky budou uložena na stropní desky přes zvukově izolační prvek Shöck Tronsole. Mezipodesta bude uložena na pryžovou podložku v celé šířce kapsy.

Beton C25/30, výztuž B500B.

3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Třída prostředí **XC1** pro desku, **XC3** pro balkon

Beton **C25/30**

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

$$E_{cm} = 31 \text{ Gpa}$$

$$E_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$f_{ctk,0.05} = 1,80 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ Mpa}$$

Ocel **B500B**

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200 \text{ Gpa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 * 10^3} = 2,174 * 10^{-3}$$

U všech posuzovaných konstrukcí byl použit beton C25/30 a ocel B500B. Pro beton byl využit bilineární pracovní diagram betonu v tlaku. Pro betonářskou výztuž byl využit návrhový pracovní diagram s vodorovnou větví bez omezení poměrného přetvoření.

4 ZATÍŽENÍ

4.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

U stálého zatížení desky bylo uvažováno se zatížením od skladeb podlah s omítkou stropní konstrukce, vlastní tíhou desky a zatížením od nepřemístitelných zděných příček a obvodové stěny. Zatížení od příček z důvodu zjednodušení ověření výpočtu bylo přepočteno na plošné zatížení a umístěno v místech s největší koncentrací dělicích stěn. Rovněž je do stálého zatížení zahrnuto liniové zatížení od zábradlí a přetížení od schodišťového ramene. U schodiště bylo uvažováno se zatížením skladby podlahy, omítky, tíhy desky schodiště a stupňů.

4.2 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Užitné zatížení je uvažováno pro obytné plochy Kategorie A, pro stropní konstrukce – $2,0 \text{ KN/m}^2$, pro balkony a terasy – $3,0 \text{ KN/m}^2$, schodiště – $3,0 \text{ KN/m}^2$. Vodorovné liniové užitné zatížení zábradlí bylo uvažováno $0,5 \text{ KN/m}$.

4.3 ZATEŽOVACÍ STAVY

Stálé zatížení bylo rozděleno do tří zatěžovacích stavů:

ZS1 – tíha od vlastní tíhy konstrukce

ZS2 – tíha od skladeb podlah a omítky stropní konstrukce

ZS3 – tíha od příček a obvodových stěn

Užitné zatížení bylo rozděleno do pěti zatěžovacích stavů:

ZS4 – užitné plné

ZS5 – užitné šach 1

ZS6 – užitné šach 2

ZS7 – užitné šach 3

ZS8 – užitné šach 4

Jednotlivé zatěžovací stavy ZS5 – ZS8 (šachy) byly vhodně rozmístěny pro zachycení nejvíce nepříznivých situací a tím dosažení maximálních hodnot vnitřních sil.

Pro schodiště byly uvažovány dva zatěžovací stavy – ZS1 (stálé zatížení) a ZS2 (užitné zatížení).

5 TVORBA MODELU A VNITŘNÍ SÍLY

MODEL

Pomocí programu Autocad bylo vytvořeno základní statické schéma desky a bylo použito jako podklad pro modelování ve výpočtovém programu SCIA Engineer. Model desky byl uvažován jako rovinný v souřadném systému XY. Byly vytvořeny jednotlivé zatěžovací stavy a s hodnotami zatížení zadány do modelu. Užitné zatížení bylo jednotlivě rozmístěno v šachovnicovém uzpůsobení pro vyvození nejvíce nepříznivých situací. Byla spočítána tuhost trámů, kde byla zjištěna nedostatečná jejich tuhost pro uvažování liniového tuhého podepření, proto byly do modelu vloženy trámy se zatěžovacími šířkami.

Pro nezávaznou kontrolu byl vytvořen nový prutový model, který charakterizoval výsek stropní desky o šířce jednoho metru. Výsek byl proveden v polovině rozpětí křížem působících desek. Na tento model byly vloženy všechny zatěžovací stavy jako u modelu desky. Zatížení u desek s přepokládaným

oboustranným působením bylo přepočteno pomocí přerozdělovacího součinitele zatížení „C“ pro směry X a Y, se snahou maximální zachycení situace v rovinném deskovém 2D modelu.

Dále byl ještě proveden model v obecné rovině (3D) pro porovnání vnitřních sil u trámů z důvodu vznikající normálové síly, která v rovinném modelu nevzniká kvůli poloze těžiště trámu ve střednici.

Pro schodiště byl vytvořen samostatný model – staticky určitý prostý nosník. Ve výpočtovém programu byla zadána geometrie pro nástupní a výstupní rameno s hodnotami stálého a užitného zatížení s přepočtem na rovnoběžné a kolmé složky. Tento výpočet byl ověřen i ručně pro nástupní rameno.

KOMBINACE

Kombinace charakteristických hodnot zatížení pro dosažení hodnot návrhových k posouzení mezního stavu únosnosti je na základě rovnic 6.10a, 6.10b dle ČSN EN 1990.

Součinitele pro stálé zatížení jsou $\gamma_G = 1,35$ a $1,15$ dle typu rovnice, pro užitné zatížení $\gamma_Q = 1,5$.

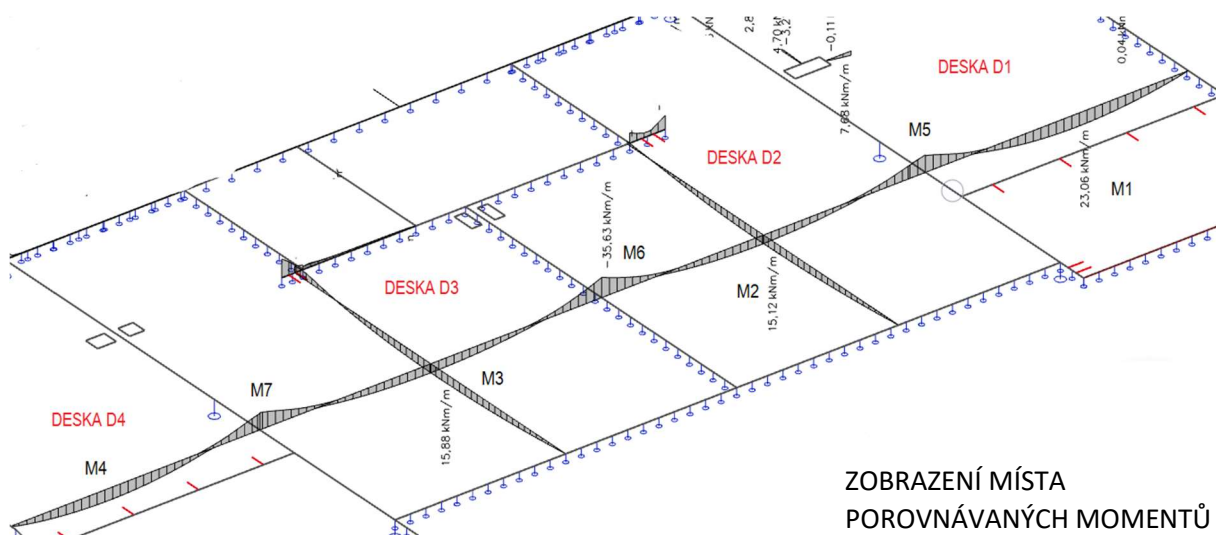
Kombinační součinitelé pro užitné zatížení v obytných budovách $\psi = 0,7; 0,5$.

Pro sníh se stavbami umístěnými ve výšce méně jak 1000 m.n.m. je uvažován kombinační součinitel $\psi = 0,5$.

Pro vítr je uvažován kombinační součinitel $\psi = 0,6$.

Pro dosažení hodnot návrhových k posouzení mezního stavu použitelnosti bylo využito rovnic 6.14b pro charakteristickou kombinaci zatížení a rovnice 6.16b pro kvazistálou kombinaci zatížení

VNIŘNÍ SÍLY DESKY A TRÁMU – SROVNÁNÍ



TABULKA MOMENTŮ

MOMENTY [KNm]							
OZN.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1D model - prut	21,34	14,57	16,43	18,37	-32,88	-32,47	-32,72
2D model - deska	23,06	15,12	15,88	21,24	-30,91	-35,54	-30,53

VYHODNOCENÍ

Pro nezávislou kontrolu a ověření funkčnosti modelu byl vytvořen prutový model o šířce jednoho metru v polovině rozpětí křížem působících desek. Zatížení u křížem vyztužených desek bylo přerozděleno pomocí součinitele „C“ do jednotlivých směrů.

Odchyłka u hodnot modelu desky v rovině se pohybuje okolo 5-10 %, z čehož výrazné odchylky momentu M1 a M4 (momentů v krajních polích) jsou v desce ovlivněny blízkostí působení obvodové stěny. Naopak moment M7 a M5 (nad trámy desky) jsou vyšší z důvodu tuhosti podpor na rozdíl od trámů a dochází k odlišnému přerozdělení. Výsledné hodnoty považuji za dostačující a model v rovině je dále použit pro dimenzování.

Uvedené hodnoty jsou porovnávány v základních veličinách

Dále níže pro srovnání uvádím hodnoty vnitřních sil i 3D modelu.

TABULKA MOMENTŮ DESEK

MOMENTY [KNm]							
OZN.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1D model - prut	21,34	14,57	16,43	18,37	-32,88	-32,47	-32,72
2D model - deska	23,06	15,12	15,88	21,24	-30,91	-35,54	-30,53
3D model - deska	22,80	15,12	15,96	20,95	-30,50	-35,81	-30,81

VYHODNOCENÍ

Hodnoty rovinných modelů oproti modelu v obecné rovině se prakticky shodují. Dále ještě u 3D modelu vzniknou normálové síly. Pro zjednodušení dimenzování a návrh výtzuže desky byly brány dimenzační hodnoty 2D modelu.

TABULKA VNITŘNÍCH PŮSOBÍCÍCH NA TRÁMU T1 S TEŽIŠTĚM VE STŘEDNICI A S PONUSNUTÝM TEŽIŠTĚM

VNITŘNÍ SÍLY						
	My -pole	- My na SL.	- My podpora	Vz- sloup	Vz - podpora	N
2D model - trám T2	70,74	159,00	-31,82	195,42	82,18	0
3D model - trám T2	104,87	149,18	-17,64	221,24	96,45	79,94

NAPĚTÍ V TRÁMECH S ROZDÍLNÍM TEŽIŠTĚM

	NAPĚTÍ			
	pole	sloup	pole	sloup
	G - spodní	G - spodní	G - vrchní	G - vrchní
2D model - trám T2	6,1	-13,3	-6,1	13,3
3D model - trám T2	4,9	-7,1	-0,2	2,1

VYHODNOCENÍ

U vnitřních sil trámů v 3D modelu oproti 2D modelu došlo k odlišnému přerozdělení momentů a vnitřních sil, kdy se zvýšil moment v poli na úkor momentu na podporou a nad sloupem. Dále vznikla ve trámu normálová tahová síla. Při dimenzování trámů (i na úkor výraznějších odchylek a přerozdělení vnitřních sil) bylo pro zjednodušení výpočtu v bakalářské práci uvažováno s hodnotami vnitřních sil z 2D modelu se zanedbáním normálových sil, s přihlédnutím k tomuto zjednodušení při návrhu výztuže trámů.

VNITŘNÍ SÍLY SCHODIŠTĚ – SROVNÁNÍ

VNITŘNÍ SÍLY SCHODIŠTĚ - VÝSTUPNÍ RAMENO							
	M1[KNm]	M _{MAX} [KNm]	M2 [KNm]	Rza [KN]	Rzb [KN]	N + [KN]	N - [KN]
RUČNÍ VÝPOČET	12,11	36,60	33,04	33,41	35,8	14,7	6,33
SCIA MODEL	12,21	37,13	32,75	33,2	36,08	14,83	6,24

VYHODNOCENÍ

Výsledné odchylky od ručního výpočtu výstupního ramene v porovnání s modelem jsou způsobeny zaokrouhlováním.

6 DIMENZOVÁNÍ

Dimenzování je prováděno na základě návrhových dimenzačních hodnot z rovinného modelu desky.

6.1 DESKA

Vyztužení desky je navrženo při spodním a horním povrchu. Výztuž při spodním povrchu byla navržena na základě požadovaného minimálního vyztužení pro danou tloušťku desky. Vzhledem k velikosti působení momentů byl zvolen jako základní prut o průměru 8 mm, který je nadále rozmísťován po vzdálenostech 240 mm pro zajištění minimální plochy výztuže. V místech s působením většího momentu je tato vzdálenost zkrácena o polovinu. Kolem otvorů pro instalační jádra bytového domu byla přidána výztuž a ukončení prutů je řešeno lemováním.

Výztuž při horním povrchu je navržena v sortimentu prutů 8 mm, 12 mm a 16 mm. U horní výztuže je rovněž dodržován základní rastr vzdálenosti prutů po 240 mm. V místech s větším působením vnitřních sil jsou uvažovány pruty průměru 12 mm a 16 mm po 120 mm. Nadpodporové momenty nad sloupy byly redukovány o posouvající sílu. Spojení sloupu s deskou bylo uvažováno jako netuhé. Otvory jsou doplněny o přídatnou výztuž. Rohy a kouty (pokud stávající navržená výztuž nepřenesla daný moment) jsou dovyztuženy na zbývajícím moment.

Místa, kde není nutná nosná výztuž jsou mezery vyplněny kari sítěmi průměru 6 mm s oky 150x150 mm pro omezení smrštění.

Dále byly spočítány kotevní a stykové délky pro bezpečné stanovení délky prutů.

6.2 TRÁMY

Při dimenzování trámů byly využity hodnoty vnitřních sil z rovinného modelu. Nad sloupy v trámech T1 a T2 byly navrženy pruty o průměru 22 mm. V trámech T3-T5 pruty o průměru 16 mm. Momenty byly redukovány o posouvající sílu tíhy desky s uvážením netuhého spojení sloupu a trámů. V polích s ohledem na betonáž, splnění minimální plochy vyztužení, působící normálové síly, a zároveň využití již používaného sortimentu výztuže byly navrženy pruty o průměru 16 mm. Dále byla navržena smyková výztuž na vzniklé posouvající síly. Dále bylo provedeno rozdělení výztuže se zohledněním požadovaných kotevních délek a posunu obálky ohybových momentů.

6.3 BALKON

Balkon je řešen jako jednostranně pnutý s vynecháním napojení druhé (rohové). Přerušení tepelného mostu mezi balkonem a deskou zajišťuje navržený prvek Shöck Isokorb. Napojovací výztuž v desce je dimenzovaná na nadpodporový moment ve směru X o průměru 8 mm se vzdáleností po 120 mm a dodržení plochy výztuže od výrobce. Rovněž byla posouzena kotevní stykovácí délka pro tento prvek. Výztuž v balkonu je navržena o průměru 8 mm po 120 mm se stykováním výztuže na prvek Isokorb a zakončena lemováním.

6.4 SCHODIŠTĚ

U schodiště byly navrženy pruty o průměru 12 mm po vzdálenostech 150 mm z důvodu napojení na dilatační prvek Schöck Tronsole. Jako rozdělovací výztuž byla navržena výztuž o průměru 8 mm po 300 mm. Výztuž schodiště byla posuzována na ohybový moment a normálovou sílu. Dilatační prvek Shöck Tronsole je navržen dle maximální posouvající síly vzniklé od tíhy ramena schodiště.

6.5 SLOUP S1

Dimenzování sloupu a jeho posouzení bylo provedeno v programu IDEA Statica na nejvíce zatíženém sloupu.

7 VÝPOČET ŠÍŘKY TRHLIN

Pro ověření dodržení přípustných šířek trhlin byl využit přímý výpočet šířky trhlin pro nejvíce zatížený směr Y při spodním a horním povrchu. Dále byly šířky trhlin spočítány u trámů.

8 PRŮHYB

U deskové konstrukce trámů byla provedena kontrola průhybu pomocí ohybové štíhlosti. Dané prvky splňovaly tento poměr a lze předpokládat, že hodnoty průhybů jsou vyhovující.

9 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem navrhnul a staticky posoudil výztuž desky nad druhým nadzemním podlažím společně s dalšími prvky jako jsou trámy desky, schodiště a sloup. Výstupem tohoto řešení je výkresová dokumentace

Výpočet vnitřních sil byl proveden na deskovém modelu v programu SCIA Engineer a jeho funkčnost byla nezávisle ověřena na prutovém modelu (výřezu z desky šířky jednoho metru). Odlišnosti hodnot vnitřních sil modelů jsou především způsobeny nezohledněním působícího zatížení v okolí metrového výřezu, či tuhostí podpor. Tím pádem došlo k rozdílnému přerozdělení vnitřních sil. Dále byl ještě pro kontrolu a srovnání proveden 3D model.

Postupováno bylo dle platných norem a zásad. Posuzované prvky jsou vyhovující na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

10 POUŽITÉ ZDROJE

POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] PROCHÁZKA, Jaroslav. Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 344s. ISBN 978-80-87438-03-9
- [2] HOLICKÝ, Milan. Zatížení stavebních konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1991. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 136s. ISBN 978-80-87093-89-4
- [3] ZICH, Miloš. Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 166s. ISBN 978-80-7204-693-5

NORMY:

- [4] ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, duben 2004.
- [5] ČSN EN 1992-1-1 (731201). Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, listopad 2006.
- [6] ČSN EN 73 1201 (731201). Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Český normalizační institut, září 2010.
- [7] ČSN EN 1990 (730002). Zásady navrhování konstrukcí. Český normalizační institut, březen 2004.

WEBOVÉ STRÁNKY:

- [8] http://www.sticka.cz/user/10774/upload/ftp_client/snehove-oblasti.jpg
- [9] <https://www.dlupal.com/cs/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim/snih-csn-en-1991-13.html?¢er=49.21093344180215,17.562825218026735&zoom=12&marker=50.075865,14.434609#¢er=49.22416446006509,17.56866170484314&zoom=12&marker=50.075865,14.434609>
- [10] <https://www.rigips.cz/reseni/podhledy/>
- [11] <https://help.scia.net/19.0/cs/index.html>
- [12] <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk>
- [13] <https://www.schoeck.com/cs/tronsole>
- [14] <https://www.schoeck.com/cs/isokorb>
- [15] <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/>

PROGRAMY:

AutoCAD 2016 – Autodesk

SCIA Engineer 20.0, 64bit – SCIA CZ s.r.o. Brno

IDEA Statica 20.1 – IDEA StatiCa s.r.o.

Word 2016 – Microsoft

Excel 2016 – Microsoft

OneNote for Windows 10 – Microsoft

Software pro Schöck Isokorb® Ocel-Beton, Version 2021.4.2.43, Schöck-Witteck s.r.o.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A JEJICH VÝZNAM

A	plocha průřezu
A_c	plocha betonového průřezu
A_s	průřezová plocha výztuže betonu
$A_{s,min}$	minimální plocha vyztužení železobetonového průřezu
$A_{s,max}$	maximální plochy vyztužení železobetonového průřezu
A_{sw}	průřezová plocha větví smykové výztuže
A_i	plocha ideálního průřezu
$A_{c,eff}$	efektivní plocha
$A_{s,req}$	minimální potřebná plocha výztuže k přenesení ohybového momentu
C_e	součinitel expozice
E_{cm}	modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti betonářské výztuže
E_{cb}	modul pružnosti betonu desky
E_{cs}	modul pružnosti betonu trámu
EI	ohybová tuhost prvku
F_s	síla přenesená betonářskou výztuží
F_c	síla přenesená tlačnou částí betonu
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
G_d	návrhová hodnota stálého zatížení
I	moment setrvačnosti průřezu
I_c	moment setrvačnosti betonu
I_{ci}	moment setrvačnosti plně působícího prvku
I_{cr}	moment setrvačnosti ideálního průřezu porušeného trhlinami
I_b	moment setrvačnosti desky
I_s	moment setrvačnosti trámu
K	koeficient zohledňující různé konstrukční systémy

K_{C1}	součinitel závislý na tvaru průřezu
K_{C2}	součinitel závislý na rozpětí
K_{C3}	součinitel napětí tahové výztuže
L	délka
M_{ed}	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
M_{rd}	návrhová momentová únosnost průřezu
$M_{E\psi 2}$	ohybový moment od kvazistálé kombinace zatížení
M_{char}	ohybový moment od charakteristické kombinace zatížení
N_{ED}	návrhová hodnota působící normálové síly
Q_k	charakteristická hodnota proměnného užitého zatížení
Q_d	návrhová hodnota proměnného užitého zatížení
V_{ed}	návrhová hodnota posouvající síly
T	těžiště průřezu
$V_{rd,c}$	únosnost betonu bez smykové výztuže
$V_{rd,s}$	únosnost betonu se smykovou výztuží
$V_{rd,max}$	únosnost tlakové diagonály prvku
a	vzdálenost
a_1	velikost posunu obálky momentů
a_i	velikost uložení prvku
b	šířka průřezu
b_d	šířka desky
b_w	šířka trámu
b_{eff}	efektivní šířka T průřezu
b_w	šířka trámu
c_{nom}	jmenovitá hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy
c_{min}	minimální hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy
$c\Delta_{dev}$	návrhová výrobní odchylka krycí vrstvy
d_s	průměr hlavní nosné výztuže
d_{ss}	průměr smykové výztuže
d	účinná výška průřezu
d_1	délka od taženého okraje prvku k těžišti výztuže
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
f_{bd}	návrhové mezní napětí v soudržnosti
f_{ck}	charakteristická betonův tlaku
f_{cm}	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{yk}	charakteristická pevnosti betonářské výztuže na mezi kluzu

f_{yd}	návrhová pevnost betonářské výztuže na mezi kluzu
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
g_d	návrhová hodnota stálého zatížení
h	výška průřezu
$h_{c,eff}$	efektivní výška
h_s	výška desky
k_1	vliv vlastnosti soudržné výztuže
k_2	vliv rozdělení poměrného přetvoření
k_3	součinitel vyjadřující vliv poškozené soudržnosti betonu a výztuže v blízkosti trhliny
k_4	součinitel vyjadřující vztah mezi soudržností a pevností betonu v tahu
k_t	součinitel zohledňující dlouhodobé zatížení
l	rozpětí
l_s	světlé rozpětí
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
l_{bd}	základní kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
$l_{b,rqd0}$	základní styková délka
l_0	stykovací délka
s_{max}	maximální osová vzdálenost prutů výztuže
s_{wmax}	maximální osová vzdálenost prutů smykové výztuže
s_t	maximální vzdálenost větví smykové výztuže
s_r	maximální vzdálenost trhlin
t_i	těžiště průřezu
w_k	šířka trhlin
x	vzdálenost neutrální osy od tlačného okraje prvku
x_r	tlačená výška průřezu v plně porušeném průřezu trhlinou
z	vnitřní rameno sil v železobetonovém prvku
z_c	vzdálenost od těžiště průřezu k těžišti tlačné oblasti
z_s	vzdálenost od těžiště průřezu k těžišti betonářské výztuže
α_e	poměr modulů pružnosti betonářské výztuže a betonu
α_{cc}	součinitel zohledňující dlouhodobé tlakové působení
γ_c	součinitel spolehlivosti betonu
γ_s	součinitel spolehlivosti betonářské výztuže
γ_G	součinitel pro stálé zatížení
γ_Q	součinitel proměnného zatížení
ε_{cu}	mezní poměrné přetvoření betonu
ε_{yd}	limitní přetvoření betonářské výztuže
ε_s	přetvoření betonářské výztuže v betonovém prvku
ρ	stupeň vyztužení

$\rho_{p,eff}$	efektivní stupeň vyztužení
\emptyset	průměr výztuže
σ_{sd}	návrhové napětí ve působící ve výztuži
μ	tvarový součinitel
λ	štíhlostní poměr
ψ	kombinační součinitel

12 PŘÍLOHY

- P1. POUŽITÉ PODKLADY
- P2. STATICKÝ VÝPOČET
- P3. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE